

# Segmentación de imágenes ecocardiográficas

## PROCESAMIENTO DE IMAGENES

**J. J. Aranda**

Instituto Central de Investigaciones Digitales (ICID), Ciudad de La Habana, Cuba

Se expone el algoritmo diseñado para segmentar automáticamente imágenes ecocardiográficas bidimensionales pertenecientes a una secuencia, con el objetivo de realizar una evaluación cuantitativa de la contractilidad segmentaria del ventrículo izquierdo (VI). El algoritmo se basa en combinar métodos de detección de bordes y de crecimiento de regiones a partir del mejoramiento de bordes obtenido aplicando el laplaciano no lineal modificado y del mapa de varianza. También se realiza un filtraje pasabajo de la imagen calculando la media de cada pixel, a partir del cual se suavizan las regiones para facilitar el crecimiento. Se exponen los tiempos de ejecución obtenidos con imágenes reales, haciendo consideraciones en torno a los mismos.

This paper discusses the algorithm designed to automatically segment echocardiographic bidimensional images of a sequence in order to achieve a quantitative evaluation of the wall stress of the left ventricle. This algorithm merges methods of edge detection and region growing, starting from the enhancement of edges obtained by applying the modification to the non linear laplacian and from the map of variance, also, a low-pass filtering of the image is done, calculating the mean of each pixel. Starting from this, the regions are homogeneized in order to facilitate the growth. Execution times obtained with real images are presented, as well as a discussion about them.

Recibido: octubre de 1995

## Introducción

La segmentación de las imágenes ecocardiográficas bidimensionales del ventrículo izquierdo (VI) es un paso fundamental a partir del cual se obtienen los contornos endocárdico (interior) y epicárdico (exterior), lo que permite realizar las mediciones del movimiento de las paredes y del cambio del grosor en el estudio de la contractilidad segmentaria.<sup>1</sup>

En un trabajo realizado<sup>2</sup> se probó un enfoque basado en la detección semiautomá-

tica de dichos contornos en los cuadros que forman la secuencia y que corresponden al ciclo cardíaco en estudio, obteniéndose un algoritmo que a partir del contorno marcado por el especialista en uno de los cuadros, busca dichos contornos en los demás. Este algoritmo alcanza menos del 70 % de precisión, por lo que finalmente se requiere del ajuste manual de los contornos.

Dada la importancia que tiene el tema, se continuó la búsqueda de soluciones que permitieran alcanzar la automatización

total de la segmentación con un grado de precisión aceptable por los especialistas y con un tiempo de ejecución prudencial en computadoras 386/486 compatibles.

El presente trabajo expone una solución basada en la combinación de dos tipos de técnicas: detección de bordes y crecimiento de regiones.

## Método combinado para la segmentación

El enfoque parte de realizar una segmentación totalmente automática, combinando técnicas de detección de bordes y de crecimiento de regiones. Este tipo de técnicas ha sido planteado en la literatura, aplicado al diseño de prótesis visuales,<sup>3</sup> y a la extracción de edificios en imágenes aéreas.<sup>4</sup>

Como mejorador de bordes, se evaluaron<sup>5</sup> los gradientes de Roberts y de Sobel, así como el laplaciano y una modificación al laplaciano no lineal realizada por el autor, seleccionándose esta última debido a la calidad<sup>6</sup> de bordes que brinda y su rapidez de ejecución.

Para el crecimiento, se evalúan los momentos estadísticos de primer orden (media) y de segundo orden (varianza) de las diferentes regiones de la imagen. De esta forma, el algoritmo realiza un proceso de filtrado pasabajo que homogeniza las regiones, eliminando el ruido de granos típico de las imágenes ecocardiográficas y permite que la etapa de construcción de las regiones trabaje con mayor facilidad.

El criterio de clasificación se realiza a partir del umbral que se obtiene en el histograma de la imagen filtrada, y es en dos regiones: masa muscular del ventrículo y fondo. Para esto se obtiene también el histograma de la varianza que mide el grado de homogeneidad de las regiones.<sup>7,8</sup> Para decidir si un punto pertenece al ventrículo o al fondo se utiliza el algoritmo:

A. Para los píxeles con una varianza menor o igual que el pico en dicho histograma, o sea, cercana a 0 e indicativa de

alta homogeneidad:

o Si su media corresponde a la del ventrículo se clasifica como ventrículo.

o Si su media corresponde a la del fondo, se clasifica como fondo.

B. Para los píxeles con una varianza elevada:

o Si se encuentran en el mapa de bordes se les clasifica como ventrículo, si no, se les clasifica como fondo.

El último paso es realizar operaciones morfológicas<sup>9</sup> para suavizar los contornos de las regiones y garantizar la continuidad eliminando puntos aislados.

## Resultados

Para las pruebas se utilizó una computadora 386 DX-33 compatible sin coprocesador aritmético, con una tarjeta digitalizadora de 241 líneas con 256 píxeles por línea y 256 posibles tonos de gris por píxel.

Las imágenes se obtuvieron de un casete BetaMax grabado en el hospital Hermanos Ameijeiras.

Fue utilizada una tabla de búsqueda (Look-Up Table) para evitar el cálculo de las raíces cuadradas necesarias para obtener las varianzas.

En las figuras 1, 2 y 3 se muestran de izquierda a derecha y de arriba hacia abajo: imagen original, imagen filtrada, segmentación final y mapa de varianza; para las tres vistas típicamente estudiadas (apical, mitral y papilar).

Los tiempos de ejecución del algoritmo completo para un cuadro fueron:

Vista apical: 2 min, 8,85 s

Vista mitral: 2 min, 8,90 s

Vista papilar: 2 min, 8,95 s

obteniéndose una frecuencia promedio de 0,007 8 cuadros por segundo, lo que si bien es un tiempo aceptable, debe mejorar notablemente si se utiliza un coprocesador 80387 ó si se trabaja con un 486 compatible.

2

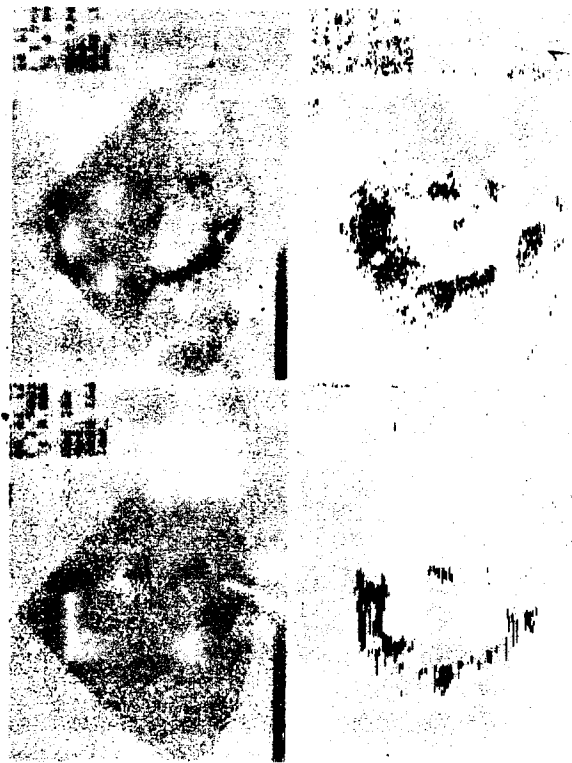


Figura 1

Vista apical del ventrículo izquierdo.

3

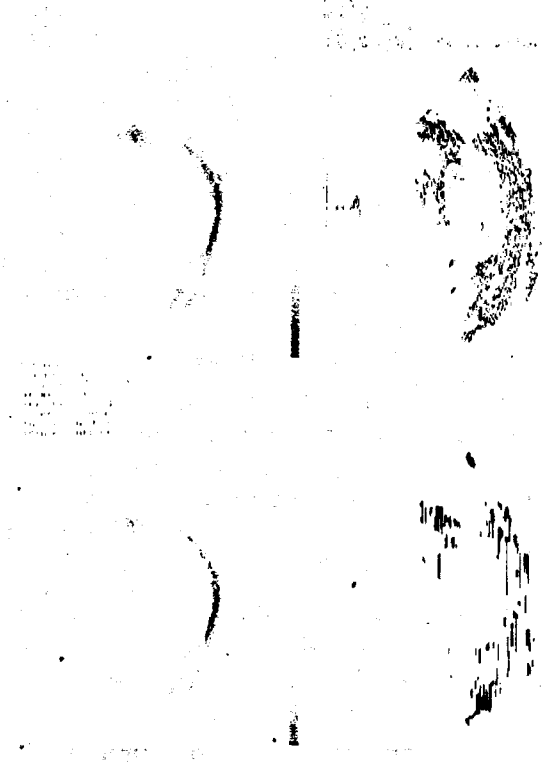


Figura 2

Vista mitral del ventrículo izquierdo.

Figura 3

Vista papilar del ventrículo izquierdo.

A partir de los contornos obtenidos en dos cuadros consecutivos puede estimarse precisamente dónde se encuentran los contornos en el siguiente cuadro de la secuencia, por lo que aplicando recursivamente esta estimación, se mejora aún más la precisión de todo el proceso.

## Conclusiones

Como conclusión, se dispone de un método totalmente automatizado que garantiza una precisión mayor que la del semiautomático en la obtención de los contornos endocárdico y epicárdico del ventrículo izquierdo en secuencias de imágenes ecocardiográficas bidimensionales.

## Agradecimientos

Se desea reconocer el apoyo brindado por los especialistas en ecocardiografía doctor Carlos Ramos Emperador y doctor Juan Prohías Martínez, del Servicio de Cardiología del Hospital Hermanos Ameijeiras en la obtención de las imágenes.

## Referencias

1. ARANDA ABOY, J. J.: G. MONTES DE OCA COLINA Y G. RODRIGUEZ BENITEZ: "Necesidad y factibilidad del estudio automatizado de secuencias de imágenes ecocardiográficas bidimensionales", *Ingeniería Electrónica, Automática y Comunicaciones*, Vol. XIV, No. 2, pp. 73-78, ISPJAE, Ciudad de La Habana, 1993.
2. CHAO DE LA CRUZ, M. L.: "Detección semiautomatizada de los contornos del ventrículo izquierdo en imágenes ecocardiográficas", Trabajo de Diploma, Facultad de Matemática-Cibernética de la Universidad de La Habana, 1991-1992.
3. PUN, T.: "Tactile Artificial Sight: Segmentation of Images for Scene Simplification", *IEEE Trans, on Bio-Medical Engineering*, Vol. BME-29, No. 4, pp. 293-299, April, 1982.

4. LIOW, Y. T. & T. PAVLIDIS: "Use of Shadows for Extracting Buildings in Aerial Images", *Computer Vision, Graphics and Image Processing*, Vol. 49, No. 2, pp. 242-277, February, 1990.
5. ROSENFELD, A. Y A. C. KAK: *Digital Picture Processing*, 2nd ed., Ed. ACADEMIC PRESS, Inc., 1982.
6. ARANDA ABOY, J. J.: G. MONTES DE OCA COLINA Y G. RODRIGUEZ BENITEZ: "Modificación al algoritmo laplaciano no lineal para el mejoramiento de bordes en una imagen", *Ingeniería Electrónica, Automática y Comunicaciones*, Vol. XIV, No. 1, pp. 79-83, ISPJAE, Ciudad de La Habana, 1993.
7. HARALICK, R. M.; A. K. MACKWORTH & S. L. TANIMOTO: "Computer Vision Update", Chapter XXIII. En *The Handbook of Artificial Intelligence*, Vol. IV, Editores A. Barr; P. R. Cohen y E. A. Feigenbaum, Ed., Addison-Wesley Publishing Company, Inc., 1989.
8. WU, K.; D. GAUTHIER & M. D. LEVINE: "Live Cell Image Segmentation", *IEEE Trans. on Biomedical Engineering*, Vol. BME-42, No. 1; pp. 1-12, January, 1995.
9. PRAATT, W.: *Digital Image Processing*, 2nd. ed., Ed. John Wiley & Sons, Inc., 1991.

---

JUAN JOSE ARANDA ABOY, Licenciado en Ciencias de la Computación, Investigador Auxiliar, Profesor Auxiliar Adjunto, Trabaja en investigaciones sobre detección automática de contornos en imágenes médicas